

## **KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE**

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

Application Number: Korean Patent 2003-0025997

Date of Application: 24 April 2003

Applicant(s): HONG, CHUN PYO

29 May 2003

**COMMISSIONER**

## [Bibliography]

[Document Name]	Patent Application
[Classification]	Patent
[Receiver]	Commissioner
[Reference No.]	0002
[Filing Date]	24 April 2003
[IPC]	B22D
[Title]	Forming apparatus for rheoforming method
[Applicant]	
[Name]	HONG, Chun Pyo
[Applicant code]	4-1995-066868-7
[Attorney]	
[Name]	Youngpil Lee
[Attorney code]	9-1998-000334-6
[Attorney]	
[Name]	Haeyoung Lee
[Attorney's code]	9-1999-000227-4
[Inventor]	
[Name]	HONG, Chun Pyo
[Applicant code]	4-1995-066868-7
[Request for Examination]	Requested
[Purpose]	We file as above according to Art. 42 of the Patent Law, request the examination as above according to Art. 60 of the Patent Law Attorney Youngpil Lee Attorney Haeyoung Lee
[Fee]	
[Basic page]	20 Sheet(s) 29,000 won
[Additional page]	16 Sheet(S) 16,000 won
[Priority claiming fee]	0 Case(S) 0 won
[Examination fee]	15 Claim(s) 589,000 won
[Total]	634,000 won
[Reason for Reduction]	Individual (70% reduction)
[Fee after Reduction]	190,200 won

## [Enclosures]

1. Abstract and Specification (and Drawings) 1 copy each



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0025997  
Application Number

출원년월일 : 2003년 04월 24일  
Date of Application APR 24, 2003

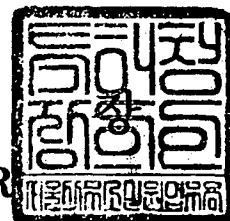
출원인 : 홍준표  
Applicant(s) HONG, CHUN PYO



2003      05      월      29      일  
                  년      월      일

특      허      청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

**【서류명】** 특허출원서  
**【권리구분】** 특허  
**【수신처】** 특허청장  
**【참조번호】** 0002  
**【제출일자】** 2003.04.24  
**【국제특허분류】** B22D  
**【발명의 명칭】** 반응고 성형장치  
**【발명의 영문명칭】** Forming apparatus for rheoforming method  
**【출원인】**

**【성명】** 홍준표

**【출원인코드】** 4-1995-066868-7

## 【대리인】

**【성명】** 이영필

**【대리인코드】** 9-1998-000334-6

## 【대리인】

**【성명】** 이해영

**【대리인코드】** 9-1999-000227-4

## 【발명자】

**【성명】** 홍준표

**【출원인코드】** 4-1995-066868-7

## 【심사청구】

청구

## 【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인  
 이영필 (인) 대리인  
 이해영 (인)

## 【수수료】

**【기본출원료】** 20 면 29,000 원

**【가산출원료】** 16 면 16,000 원

**【우선권주장료】** 0 건 0 원

**【심사청구료】** 15 항 589,000 원

**【합계】** 634,000 원

**【감면사유】** 개인 (70%감면)

**【감면후 수수료】** 190,200 원

1020030025997

출력 일자: 2003/5/30

【첨부서류】

1. 요약서·명세서(도면)\_1통 2. 위임장\_1통

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 보다 미세하고 균일한 구상화 입자를 얻는 동시에 에너지 효율의 개선, 제조비 절감, 기계적 성질의 향상, 주조공정의 간편화 및 제조시간 단축의 이점을 실현하도록 하기 위한 것으로, 일측 단부에 슬러리 토출구가 구비된 제1슬리브와, 일단이 상기 제1슬리브에 소정각도로 회동 가능하게 결합되고, 용융 금속이 주입되는 제2슬리브와, 적어도 상기 제2슬리브의 용융 금속이 수용되는 영역에 전자기장을 인가하는 교반부와, 상기 제2슬리브에 타측 단부에 삽입되는 것으로, 상기 제2슬리브 내에 상기 용융 금속이 수용되도록 상기 제2슬리브의 타측 단부를 폐쇄하고, 제조된 슬러리를 가압하는 플런저와, 상기 제 1 슬리브의 슬러리 토출구측에 연결된 것으로, 토출된 슬러리를 이용하여 소정의 성형품을 형성하는 성형부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치에 관한 것이다.

**【대표도】**

도 2

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

반응고 성형장치{Forming apparatus for rheoforming method}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명의 반응고 성형장치가 수행하는 제조방법을 나타내는 그래프,

도 2는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도,

도 3은 본 발명의 반응고 성형장치 중 제 2 슬리브의 다른 일 실시예를 나타내는 단면도,

도 4 내지 도 6은 각각 도 2에 따른 반응고 성형에 의해 압출재를 제조하는 상태를 순차적으로 도시한 구성도,

도 7은 본 발명의 바람직한 다른 일 실시예에 따른 반응고 성형장치를 개략적으로 도시한 구성도,

도 8 내지 도 11은 각각 도 7에 따른 반응고 성형에 의해 프레스 성형품을 제조하는 상태를 순차적으로 도시한 구성도.

## &lt;도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명&gt;

1: 교반부      11: 전자기장 인가용 코일장치

12: 공간부      21: 제 1 슬리브

22: 제 2 슬리브      23: 토출구

3: 플런저      41: 제 1 온도조절장치

44: 제 2 온도조절장치 6: 압출부

7: 프레스 성형부

**【발명의 상세한 설명】**

**【발명의 목적】**

**【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<14> 본 발명은 반응고 성형장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 미세하고 균일한 구상화 입자를 얻을 수 있는 고액공존(固液共存)상태의 반응고 금속 슬러리를 제조하여 이 슬러리를 이용하여 소정의 성형품을 제조하는 반응고 성형장치에 관한 것이다.

<15> 반응고 성형법(rheoforming)이란 미처 응고되지 않아 소정의 점성을 갖는 반응고 금속 슬러리(slurry)를 주조 또는 단조하여 빌렛이나 최종 성형품을 제조하는 가공법을 말하는 것이다. 여기서, 반응고 금속 슬러리란 반응고 영역의 온도에서 액상과 구상의 결정립이 적절한 비율로 혼재한 상태에서 틱소트로픽(thixotropic)한 성질에 의해 작은 힘에 의해서도 변형이 가능하고, 유동성이 우수하여 액상과 같이 성형가공이 용이한 상태의 금속재료를 의미한다.

<16> 이러한 반응고 성형법은 반응융 성형법(thixoforming)과 아울러 반응고/반응융 성형법으로 불리는 데, 여기서, 반응융 성형법이란 반응고 성형법에 의해 제조된 빌렛을 다시 반응융 상태의 슬러리로 재가열한 후, 이 슬러리를 주조 또는 단조시켜 최종제품으로 제조하는 가공법을 말한다.

<17> 이러한 반응고/반응융 성형법은 주조나 용탕단조 등 용융 금속을 이용하는



일반인 성형방법에 비해 여러 가지 장점을 갖고 있다. 예를 들면, 반응고/반용융 성형법에서 사용하는 슬러리는 용융 금속보다 낮은 온도에서 유동성을 가지므로 이 슬러리에 노출되는 다이의 온도를 용융 금속의 경우보다 더 낮출 수 있고, 이에 따라 다이의 수명이 길어질 수 있다. 또한, 슬러리가 실린더를 따라 압출될 때 난류(turbulence)의 발생이 적어, 주조과정에서 공기의 혼입을 줄일 수 있으며, 이에 따라 최종 제품에의 기공 발생을 저감시킬 수 있다. 그 외에도 응고 수축이 적고, 작업성이 개선되며, 제품의 기계적 특성과 내식성이 향상되고, 제품의 경량화가 가능하다. 이에 따라, 자동차 및 항공기 산업분야, 전기 전자 정보 통신 장비의 신소재로서 이용될 수 있다.

<18> 종래의 반응고 성형법은 용융 금속을 냉각시킬 때에 주로 액상선 이하의 온도에서 교반시켜 이미 생성된 수지상(dendrite) 결정조직을 파괴함으로써 반응고 성형에 적합하도록 구형의 입자로 만드는 것이었으며, 교반방법으로는 기계적 교반법(mechanical stirring)과 전자기적 교반법(electromagnetic stirring), 개스 버블링, 저주파, 고주파 또는 전자기파 진동을 이용하거나 전기적 충격에 의한 교반법 (agitation) 등이 이용되었다.

<19> 예를 들어, 미국특허 제3,948,650호에는 액상-고상 혼합물 (liquid-solid mixture)을 제조하는 방법 및 그 장치가 개시되어 있는데, 이 방법에서는 용융금속이 고상화되는 동안 이를 강하게 교반하면서 냉각시킨다. 또한, 개시된 반응고 금속 슬러리 제조장치는 용기에 고-액 혼합물을 주입한 상태에서 교반봉에 의해 교반하는 데, 이 교반봉은 소정의 점성을 가진 고-액 혼합물을 제어하여 유동시킴으로써 혼합물 내의 수지상 구조를 파괴하거나 파쇄된 수지상 구조를 분산시키는 것이다. 상기와 같은 제조방법에서는 냉각과정에서 이미 형성된 수지상 결정형태를 분쇄하여 이를 결정핵으로 하여 구상의 결정을

얻으려는 것으로, 초기 응고층의 형성에 따른 잠열 발생으로 인해 냉각속도의 감소와 제조시간의 증가 및 교반 용기 내에서의 온도 불균일로 인한 불균일한 결정 상태 등 많은 문제점을 수반한다. 또한, 상기 제조장치의 경우에도 기계적 교반이 갖는 한계로 인하여 용기 내의 온도분포가 불균일하며, 챔버 내에서 작동하기 때문에 작업 시간 및 후속 공정으로의 연계가 매우 어려운 한계를 갖는다.

<20> 미국특허 제4,465,118호에는 반응고 합금 슬러리 (semi-solid alloy slurry)의 제조방법 및 장치가 개시되어 있는데, 코일을 갖춘 전자기장 인가 수단의 내측에 순차로 냉각 매니폴드 및 금형이 구비되어 있고, 금형의 상측은 용융 금속이 연속하여 주입되도록 형성되어 있으며, 냉각 매니폴드에는 냉각수가 흘러 금형을 냉각시킨다. 반응고 합금 슬러리의 제조방법은, 먼저, 상기 금형의 상측으로부터 용융 금속을 주입하고, 이 용융 금속이 금형 내를 통과하면서 먼저 냉각 매니폴드에 의해 고상화 영역(solidification zone)을 형성하게 되며, 여기서 전자기장 인가 수단에 의해 자기장이 인가되어 수지상 조직을 파쇄시키면서 냉각이 진행되고, 마침내 하부로부터 인곳(ingot)이 형성되는 것이다. 그런데, 이러한 제조방법 및 장치에 있어서도, 그 기본적인 기술적 사상은 응고가 일어난 후에 진동을 가해 수지상 조직을 파쇄한다는 것으로, 이도 역시 전술한 바와 같은 공정상 및 조직 구성상의 많은 문제를 갖는다. 또한, 상기 제조장치의 경우에도 용융 금속이 상부에서 하부로 진행하면서 연속하여 인곳을 형성하는 것이나, 연속하여 성장하도록 함으로써 금속의 상태를 조절하기가 매우 어려우며, 전체적인 공정 제어가 곤란하다. 뿐만 아니라, 전자기장의 인가 이전의 단계에서 이미 상기 용기를 수냉시키므로 용기 벽체 부근과 중심부근에서의 온도차가 심하게 되는 한계가 있다.

- <21> 이 밖에도 반응고/반용융 성형법은 후술하는 바와 같이, 다양하게 존재하나 모두 전술한 바와 같이 이미 형성된 수지상 조직을 파괴하여 이를 결정핵으로서 사용한다는 기술적 사상을 근간에 두고 있어 전술한 특허와 동일한 문제들을 지니고 있다.
- <22> 미국특허 4,694,881호는 합금 중의 모든 금속 성분이 액체 상태로 존재하도록 합금을 가열한 다음, 얻어지는 액체 금속을 액상선과 고상선 사이의 온도로 냉각시킨 다음 전단력을 인가하여 냉각되는 용융금속으로부터 형성되는 수지상 조직을 파괴함으로써 반용융 성형재 (thixotropic materials)를 제조하는 방법을 개시하고 있다.
- <23> 일본 공개특허공보 특개평11-33692호에는 액상선 온도 부근 또는 액상선보다 50℃까지 높은 온도에서 용융금속을 용기에 주입한 다음, 용융금속이 냉각되는 과정에서 용융금속의 적어도 일부가 액상선 온도 이하로 되는 시점, 즉 최초로 액상선 온도를 통과하는 시점에서, 예를 들어 초음파 진동 등에 의해, 용융금속에 운동을 가한 다음 서서히 냉각시킴으로써 입상결정형태의 금속조직을 가진 반응고 주조용 금속 슬러리를 제조하는 방법이 개시되어 있다. 그러나, 이 방법에서도, 초음파진동 등의 힘이 냉각초기에 형성되는 수지상 결정조직을 파괴하기 위해 사용되고 있다. 또한, 주탕온도를 액상선온도보다 높은 수준으로 하면, 입상의 결정형태를 얻기 어렵고, 동시에, 용탕을 급격히 냉각하기 어렵다. 뿐만 아니라, 표면부와 중심부의 조직이 불균일하게 된다.
- <24> 또한, 일본 공개특허공보 특개평10-128516호에 개시된 반용융금속의 성형방법에서는 용융금속을 용기에 주입한 다음 진동바를 용융금속 중에 침적시켜 용융금속과 직접 접촉시킨 상태로 진동시켜 용융금속에 진동을 부여한다. 이에 따라 진동바의 진동력을 용융금속에 전달함으로써, 액상선 온도 이하에서 결정핵을 가진 고액공존상태의 합금을 형성한 후, 소정의 액상율을 나타내는 성형온도까지 용융금속을 용기내에서 냉각하면서

30초 내지 60분간 유지함으로써 상기 결정핵을 성장시켜 반응용금속을 얻는다. 그러나, 이 방법에 의해 얻어진 결정핵의 크기는 약  $100\mu\text{m}$ 이고, 공정소요시간도 상당히 길며, 소정 크기 이상의 용기에 적용하기 곤란한 문제가 있다.

<25> 미국특허 제6,432,160호에는 냉각과 교반을 동시에 정밀하게 제어함으로써 반응용 금속 슬러리를 제조하는 방법을 개시하고 있다. 구체적으로는, 용융금속을 혼합용기 (mixing vessel)에 주입한 후, 혼합용기 주위에 설치된 고정자 어셈블리(stator assembly)를 작동시켜 용기내의 용융금속을 급속하게 교반하기에 충분한 기자력 (magnetomotive force)을 발생시키고, 혼합용기 주위에 설치되어 용기 및 용융금속의 온도를 정밀하게 조절하는 작용을 하는 써멀 자켓 (thermal jacket)을 이용하여 용융금속의 온도를 급속하게 떨어뜨린다. 용융금속이 냉각될 때 용융금속은 계속적으로 교반되며, 고상율 (solid fraction)이 낮을 때는 빠른 교반을 제공하도록 하고 고상율이 증가함에 따라 증대된 기전력을 제공하도록 하는 방식으로 조절된다.

<26> 이상 설명한 바와 같은 종래의 반응고/반응용 성형방법 및 장치들은 냉각과정에서 이미 형성된 수지상 결정형태를 분쇄하여 입상의 금속 조직으로 만들기 위해 전단력을 이용하고 있다. 즉, 용융 금속의 적어도 일부가 액상선 이하로 온도가 내려갔을 때에야 비로소 진동 등의 힘을 가하므로 초기 응고층의 형성에 따른 잠열발생으로 인해 냉각속도의 감소와 제조시간의 증가 등 각종 문제를 피하기 어렵다. 또한, 이에 따라 형성된 금속 조직도 용기 내에서의 온도의 불균일로 인해 전체적으로 균일하고 미세한 조직을 얻기 어려우며, 용융 금속의 용기로의 주입 온도를 조절하지 않으면 용기 벽면부와 중심부의 온도차로 인해 조직의 불균일성은 더욱 증대되게 된다.

<27> 이러한 종래 기술들의 문제점을 해결하기 위하여 본 발명자는 대한민국특허출원 제2003-13515호로 반응고 성형용 다이캐스팅 방법 및 그 장치를 특허출원한 바 있다.

**【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】**

<28> 본 발명은 상술한 바와 같은 문제를 해결하기 위한 것으로, 보다 미세하고 균일한 구상화 입자를 얻는 동시에 에너지 효율의 개선, 제조비 절감, 기계적 성질의 향상, 주조공정의 간편화 및 제조시간 단축의 이점을 실현할 수 있는 반응고 성형장치를 제공하는 데에 그 목적이 있다.

<29> 본 발명의 다른 목적은 가압에 따른 부품의 내구성 저하를 막고, 에너지 손실을 줄일 수 있으며, 단시간에 고품질의 반응고 성형품을 제조하기 위한 반응고 성형장치를 제공하는 것이다.

**【발명의 구성 및 작용】**

<30> 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 일측 단부에 슬러리 토출구가 구비된 제1슬리브와, 일단이 상기 제1슬리브에 소정각도로 회동 가능하게 결합되고, 용융 금속이 주입되는 제2슬리브와, 적어도 상기 제2슬리브의 용융 금속이 수용되는 영역에 전자기장을 인가하는 교반부와, 상기 제2슬리브에 타측 단부에 삽입되는 것으로, 상기 제2슬리브 내에 상기 용융 금속이 수용되도록 상기 제2슬리브의 타측 단부를 폐쇄하고, 제조된 슬러리를 가압하는 플런저와, 상기 제 1 슬리브의 슬러리 토출구측에 연결된 것으로, 토출된 슬러리를 이용하여 소정의 성형품을 형성하는 성형부를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치를 제공한다.

- <31> 본 발명의 다른 특징에 의하면, 상기 성형부는 이송 롤러 및 냉각 장치가 구비된 압출부일 수 있다.
- <32> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 성형부는 가압 금형으로 구비된 프레스 성형부일 수 있다.
- <33> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제 1 슬리브에는 상기 슬러리 토출구측으로 가압되는 슬러리의 온도를 조절하는 제 1 온도조절장치가 부가될 수 있다.
- <34> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 교반부는 상기 제 2 슬리브에 용융금속이 주입되기 이전에 전자기장을 인가할 수 있다.
- <35> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 교반부는 상기 제 2 슬리브에 용융금속이 주입됨과 동시에 전자기장을 인가할 수 있다.
- <36> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 교반부는 상기 제 2 슬리브에 용융금속이 주입되는 도중에 전자기장을 인가할 수 있다.
- <37> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 교반부는 전자기장의 인가를 적어도 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.7에 이를 때까지 지속할 수 있다.
- <38> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 교반부는 전자기장의 인가를 적어도 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.4에 이를 때까지 지속할 수 있다.
- <39> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 교반부는 전자기장의 인가를 적어도 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.1에 이를 때까지 지속할 수 있다.
- <40> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속을 0.1 내지 0.7의 고상율에 이를 때까지 냉각시킬 수 있다.

- <41> 이 때, 상기 제 2 슬리브에는 제 2 온도 조절장치가 더 부가되고, 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속의 냉각은 상기 제 2 온도 조절장치에 의해 이루어지도록 할 수 있다.
- <42> 그리고, 상기 제 2 온도 조절 장치는 상기 제 2 슬리브에 설치된 냉각 장치 및 상기 제 2 슬리브에 설치된 가열 장치 중 적어도 어느 하나로 구비될 수 있다.
- <43> 본 발명의 또 다른 특징에 의하면, 상기 제 2 온도 조절 장치는 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속을  $0.2^{\circ}\text{C/s}$  내지  $5.0^{\circ}\text{C/s}$ 의 속도로 냉각시킬 수 있고, 바람직하게는,  $0.2^{\circ}\text{C/s}$  내지  $2.0^{\circ}\text{C/s}$ 의 속도로 냉각시킬 수 있다.
- <44> 이하, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세히 설명한다.
- <45> 본 발명에 있어 반응고 성형장치는 반응고 슬러리를 이용하여 소정 형상의 성형품을 성형하는 반응고 성형법을 행하게 될 장치를 말하는 것이다. 따라서, 이하에서는 먼저, 본 발명의 반응고 성형장치가 수행하게 되는 반응고 성형법을 도 1을 참조로 설명한다.
- <46> 전술한 종래 기술들과는 달리, 본 발명의 반응고 성형장치가 수행하는 반응고 성형 방법은 슬리브에 용융 금속을 주입하여 슬러리를 제조한 후 이를 가압 성형하는 것으로, 저압에 의해서도 압출 및 포밍 등 성형공정이 가능하다. 이 때, 본 발명에서는 상기 슬리브에 용융 금속의 주입이 완료되기 전에 전자기장에 의한 교반을 행한다. 즉, 슬리브에 용융금속을 주입하기 전, 슬리브에 용융금속을 주입함과 동시, 또는 슬리브에 용융금속을 주입하는 도중에 전자기장에 의한 교반을 실시함으로써, 초기 수지상 조직의

생성을 차단하는 것이다. 이 때, 상기 교반으로는 전자기장 대신 초음파 등이 이용될 수도 있다. 이를 보다 상세히 설명하면 다음과 같다.

<47> 먼저, 전자기장을 인가하는 교반부에 둘러싸인 슬리브의 소정 영역에 전자기장을 인가해 주고 용융금속을 주탕한다. 이 때, 전자기장의 인가는 용융금속을 교반할 수 있는 세기로 이루어진다.

<48> 도 1에서 볼 수 있는 바와 같이, 용융금속을 주탕온도  $T_p$ 에서 슬리브에 주탕한다. 물론 전술한 바와 같이, 이 때, 슬리브에는 전자기장이 인가되어 교반이 이루어지고 있는 상태가 될 수 있다. 그러나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 용융금속의 주탕과 동시에 상기 전자기장 교반이 행해질 수도 있고, 또는 용융금속이 주탕되고 있는 도중에 전자기장 교반이 행해질 수도 있다.

<49> 이렇게 상기 슬리브에 용융 금속의 주입이 완료되기 전에 전자기장 교반을 행함에 따라, 용융 금속이 저온의 슬리브 내벽에서의 초기 응고층으로 형성되지 않고, 이로부터 수지상 조직으로 성장해 나가는 일이 없게 된다. 즉, 슬리브 전체에 걸쳐 미세한 결정핵들이 동시에 발생하게 되고, 슬리브 내의 용융금속 전체가 균일하게 액상선 온도 직하로 급속히 냉각되어 다수의 결정핵을 동시에 발생시킬 수 있다.

<50> 이는 슬리브에 용융금속을 주입하기 이전 또는 주입과 동시에 전자기장을 인가함으로써 활발한 초기 교반작용으로 인해 내부의 용융 금속과 표면의 용융 금속이 잘 교반되어 용융 금속 내에서의 열전달이 빠르게 일어나고, 슬리브 내벽에서의 초기 응고층 형성이 억제되기 때문이다.



<51> 또한, 잘 교반되고 있는 용융 금속과 저온의 슬리브 내벽과의 대류 열전달이 증가하여 용융 금속 전체의 온도를 급속히 냉각시키게 된다. 즉, 주탕된 용융 금속이 주탕과 동시에 전자기장 교반에 의해 분산 입자들로 흩어지고 이 분산 입자들이 결정핵으로서 슬리브 내에 고루 분포하게 되며, 이에 따라 슬리브 전체에 걸쳐 온도차가 발생하지 않게 되는 것이다. 반면, 종래기술들에 의하면 주탕된 용융 금속이 저온의 용기 내벽과 접촉하여 용기 내벽에 초기 응고층을 형성하게 되고, 이 초기 응고층으로부터 수지상 결정으로 성장하게 되는 것이다.

<52> 이러한 원리는 응고잠열과 관련하여 설명될 수도 있는 데, 즉, 슬리브의 벽면에서의 용융 금속의 초기 응고가 발생되지 않으므로, 응고잠열이 발생하지 않게 되고, 이에 따라 용융 금속의 냉각은 단지 용융 금속의 비열 (응고잠열의 1/400 정도에 불과함)에 해당하는 정도의 열량의 방출만으로 가능하게 된다. 따라서, 종래기술에서와 같이 슬리브의 벽면에서 흔히 발생하는 초기 응고층인 수지상 결정이 형성되는 일이 발생하지 않게 되고, 슬리브 내의 용융금속 전체가 전체적으로 균일하고 급속하게 온도가 저하되는 양상을 나타낸다. 그에 소요되는 시간은 용융금속의 주탕 후 1 내지 10초 정도의 짧은 시간에 불과하다. 이에 따라, 다수의 결정핵이 슬리브 내의 용융금속 전체에 걸쳐 균일하게 생성되며, 결정핵 생성밀도의 증가로 결정핵간의 거리는 매우 짧아지게 되어 수지상 결정이 형성되지 않고 독립적으로 성장하여 구상입자를 형성하게 된다.

<53> 이는 용융금속이 주탕되고 있는 도중에 전자기장이 인가되는 경우에도 마찬가지이다. 즉, 용융금속의 주탕이 완료되기 전에 전자기장이 인가됨에 따라 슬리브 내벽에서 초기 응고층 형성이 어렵게 된다.

<54> 한편, 상기 용융 금속의 주탕 온도  $T_p$ 는 액상선 온도 내지 액상선 + 100℃ 사이의 온도(용탕 과열도, melt superheat=0℃~100℃)로 유지되는 것이 바람직하다. 전술한 바와 같이, 용융금속이 담긴 슬리브 내부 전체가 균일하게 냉각되므로, 슬리브에 용융 금속을 주탕하기 전에 액상선 온도 부근까지 냉각할 필요가 없고 액상선 온도보다 100℃ 정도의 높은 온도를 유지해도 무방하기 때문이다.

<55> 반면, 용융금속을 슬리브에 주탕한 후 용융금속의 일부가 액상선 이하로 되는 시점에서 슬리브에 전자기장을 인가하는 종래의 방법에서는 슬리브의 벽면에 초기 응고층이 형성되면서 응고잠열이 발생되는데, 응고잠열은 비열의 약 400배 정도이므로 슬리브 전체의 용융금속의 온도가 떨어지기에는 많은 시간이 걸릴 수밖에 없다. 따라서, 이러한 종래 방법에서는 액상선 정도 또는 액상선보다 50℃ 정도 높은 온도까지 용융금속의 온도를 냉각시킨 다음 슬리브에 주입하는 것이 일반적이었다.

<56> 또한, 본 발명에 있어 상기 전자기장 교반은 도 1에서 볼 수 있는 바와 같이, 슬리브 내에 주탕된 용융금속이 적어도 일부분이라도 그 온도가 액상선 온도( $T_L$ ) 이하로 내려왔을 때에, 즉, 고상율이 0.001 정도로 소정의 결정핵이라도 생성된 이후라면 어느 때 종료하더라도 크게 문제될 여지가 없다. 즉, 슬리브에 용융금속을 주입하고 이 용융금속을 냉각시키는 단계까지 전자기장을 걸어주어도 무방한 것이다. 이는 이미 슬리브 전체에 걸쳐 결정핵이 고르게 분포되어 있기 때문에 이 결정핵을 중심으로 하여 결정립이 성장하는 단계에서의 전자기장 교반은 제조되는 금속 슬러리의 특성에 영향을 미치지 않기 때문이다. 따라서, 상기와 같은 전자기장 교반은 적어도 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.7 중 어느 시점에 이를 때까지라도 지속할 수 있다.

- <57> 다만, 상기와 같은 전자기장 교반은 슬리브 내에서 금속 슬러리를 제조하는 동안에만 가하여도 충분하므로, 적어도 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.7 중 어느 시점에 이를 때까지라도 지속할 수 있고, 에너지 효율면에서는, 적어도 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.4가 될 때까지 지속할 수 있으며, 더욱 바람직하게는 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.1이 될 때까지 지속할 수 있다.
- <58> 한편, 슬리브에 용융금속을 주탕하여, 균일한 분포의 결정핵을 형성한 후에는 제조된 슬러리를 냉각시켜 상기 생성된 결정핵의 성장을 가속시킨다. 따라서, 이러한 냉각 단계는 슬리브에 용융금속을 주입할 때부터 이루어지도록 하여도 무방하다. 또한, 전술한 바와 같이, 이 냉각 단계 동안에도 전자기장은 지속적으로 인가되어도 무방하다.
- <59> 한편, 이러한 냉각 단계는 후속 공정인 가압 및 성형 공정 전까지 지속될 수 있는데, 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 용융 금속이 0.1 내지 0.7의 고상율에 이르는 시점( $t_2$ )까지 냉각 단계를 유지시킬 수도 있다. 이 때, 용융 금속의 냉각속도는  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  내지  $5.0^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  정도가 될 수 있으며, 이는 또한 결정핵의 분포도 및 입자의 미세도 등에 따라  $0.2^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  내지  $2.0^{\circ}\text{C}/\text{sec}$  로 할 수도 있다.
- <60> 이러한 방법에 따라 소정의 고상율을 지닌 반응고 상태의 금속 슬러리를 제조할 수 있으며, 이를 곧바로 가압함과 동시에 압출 및 프레스 성형할 수 있다.
- <61> 이상 설명한 바와 같은 방법에 따르면, 반응고 상태의 금속 슬러리를 제조하는 시간을 매우 현격히 단축시킬 수 있는 데, 상기 용융 금속의 슬리브로의 주입시점으로부터 고상율 0.1 내지 0.7의 금속 슬러리 형태의 금속재료로 형성되는 시점까지 소요되는 시간은 30초 내지 60초에 불과하다. 이에 따라 제조된 금속 슬러리를 사용하여 소정의 성형품을 성형하게 되면 균일하고 치밀한 구상(球狀)의 결정구조를 얻을 수 있다.

- <62>      이상 설명한 바와 같은 반응고 성형 방법을 기초로 하여 도 2 내지 도 10에 따른 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의한 반응고 성형장치에 의해 소정의 성형품을 제조하도록 할 수 있다.
- <63>      먼저, 도 2에서 볼 수 있는 바와 같은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 반응고 성형장치는 선재 또는 판재를 성형할 수 있는 압출부를 구비하여 압출장치로 사용될 수 있는 반응고 성형장치이다.
- <64>      이러한 압출장치용 반응고 성형장치는 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 그 슬리브가 제 1 슬리브(21) 및 제 2 슬리브(22)로 분할되어 있고, 적어도 제 2 슬리브(22)의 용융금속이 수용되는 영역에 전자기장을 인가하는 교반부(1)와, 슬러리를 제조하고 가압하여 성형부로 주입하는 데에 필요한 제 1 및 제 2 플런저(31)(32)로 구비된다.
- <65>      상기 교반부(1)는 내측에 공간부(12)를 구비하고, 이 공간부(12)를 둘러싸도록 전자기장 인가용 코일장치(11)가 배설되어 있다. 상기 공간부(12)와 전자기장 인가용 코일장치(11)는 별도의 프레임 구조(미도시)에 의해 고정될 수 있다. 상기 전자기장 인가용 코일장치(11)는 소정 세기의 전자기장을 상기 공간부(12)에 수용되는 제 2 슬리브(22)에 인가하도록 구비된 것으로, 제 2 슬리브(22)에 주탕되는 용융금속을 전자기 교반하고, 제어부(미도시)에 전기적으로 연결되어 그 세기 및 작동 시간 등이 조정된다. 상기와 같은 전자기장 인가용 코일장치(11)는 통상의 전자기 교반에 사용될 수 있는 코일장치면 어떠한 것이든 적용될 수 있고, 이 외에도 초음파 교반장치가 사용될 수도 있다.
- <66>      한편, 상기 전자기장 인가용 코일장치(11)는 도 2에서 볼 수 있는 바와 같이, 제 2 슬리브(22)와 공간부(12)를 두지 않고, 제 2 슬리브(22)의 외측에 밀착되도록 결합될 수도 있으며, 이 전자기장 인가용 코일장치(11)에 의해 제 2 슬리브(22)에 주탕되는 용융

금속(M)은 주탕의 단계에서부터 철저히 교반이 이루어지도록 한다. 이러한 교반부(1)는 상기 제 2 슬리브(22)의 회동과 함께 움직이도록 구비될 수 있다.

<67> 전자기장의 인가, 즉, 교반부에 의한 전자기장 교반은 전술한 바와 같이, 제조된 반응고 금속 슬러리가 압축될 때까지 지속되어도 무방하다. 즉, 전자기장은 종료하지 않아도 되는 것이다. 다만, 에너지 효율 차원에서 슬러리의 제조과정까지 전자기장 교반을 행할 수 있으므로, 적어도 고상율이 0.001 내지 0.7일 때까지 전자기장 교반을 지속할 수 있고, 바람직하게는 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.4 정도 될 때까지 지속할 수 있으며, 더욱 바람직하게는 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.1 정도 될 때까지 지속할 수 있다. 이러한 고상율이 되는 시간은 미리 실험에 의해 알아낼 수 있다.

<68> 상기 제 1 슬리브(21)와 제 2 슬리브(22)는 도 2에서 볼 수 있듯이, 서로 마주하는 단부의 일측이 결합되어 이를 중심으로 제 2 슬리브(22)가 소정의 각도( $\theta$ )로 회동될 수 있는 것으로, 이 회동 각도( $\theta$ )는 90도 이내가 되도록 하는 것이 바람직하다. 이러한 제 1 슬리브(21) 및 제 2 슬리브(22)는 금속재로 구비될 수 있고, 절연성 소재로 구비될 수도 있다. 이러한 제 1 및 제 2 슬리브(21)(22)는 그 용점이 수용되는 용융금속(M)의 온도보다 높은 것을 사용하는 것이 바람직하며, 양단이 개방된 슬리브들을 서로 결합시켜 형성될 수 있다. 그리고, 상기 제 1 슬리브(21)는 지면에 수평하게 배치되도록 하고, 상기 제 2 슬리브(22)는 제 1 슬리브(21)와 결합된 부분을 중심으로 소정 각도로 회동될 수 있다.

<69> 이러한 구조에 있어서, 상기 제 2 슬리브(22)는 후술하는 바와 같이, 용융 금속이 수용되어 전자기장 교반에 의해 슬러리로 형성되는 영역에 해당하며, 제 1 슬리브(21)는 이렇게 형성된 슬러리를 가압 성형하는 데에 필요한 영역이 된다. 즉, 본 발명에 따른

제 1 슬리브(21)와 제 2 슬리브(22)는 전자기장 교반에 의해 용융 금속을 반응고 슬러리(slurry)로 제조하는 슬러리 제조용기의 기능과 제조된 슬러리를 가압 성형하는 성형 틀로서의 기능을 겸비한다.

<70> 이를 위하여, 제 1 슬리브(21)의 제 2 슬리브(22)와 결합된 반대측의 단부에는 가압되는 슬러리가 빠져나갈 수 있도록 슬러리 배출구(23)가 형성되고, 제 2 슬리브(22)에는 플런저(3)가 삽입된다.

<71> 상기 슬러리 배출구(23)는 압출되는 성형품의 형상에 대응하여 선재일 경우에는 원형, 판재일 경우에는 직사각형이 되도록 할 수 있다.

<72> 그리고, 상기 플런저(3)는 제 2 슬리브(22)의 타측 단부에 삽입되어 도 2에서 볼 수 있듯이, 소정 각도로 꺾어진 제 2 슬리브(22)가 용융 금속(M)을 수용할 수 있도록 제 2 슬리브(22)의 타측 단부를 폐쇄한다. 그리고, 제 1 플런저(31)는 제 1 슬리브(21)의 타측 단부에 삽입되어 후술하는 바와 같이, 슬러리의 가압 시 고정되어 빌렛이 형성될 수 있도록 한다.

<73> 상기와 같은 제 1 및 제 2 슬리브(21)(22)는 반드시 양단이 개방된 구조일 필요는 없으며, 그 단부로 제 1 및 제 2 플런저(31)(32)가 삽입될 수 있는 구조이면 어떠한 구조이든 적용될 수 있음은 물론이다. 그리고, 상기 제 1 및 제 2 슬리브(21)(22)에는 도면에 도시하지는 않았지만 별도의 열전대를 내장시키고, 이 열전대를 제어부에 연결시켜 온도 정보를 제어부로 송출시키도록 할 수 있다.

<74> 한편, 상기 제 1 슬리브(21)에는 도 2에서 볼 수 있듯이, 외측으로 제 1 온도조절장치(41)가 더 부가될 수 있다. 이 제 1 온도조절장치(41)는 파이프(42)가 내장된 워터

자켓(43)의 형태가 될 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 제 1 슬리브(21)의 소정 영역의 온도를 조절시킬 수 있는 것이면 어떠한 것이든 무방하다. 이 제 1 온도 조절장치(41)는 제 1 슬리브(21) 내에서 가압되는 슬러리가 급격히 냉각되는 것을 방지하기 위한 것으로, 소정의 보온효과를 갖추는 것이 바람직하다. 따라서, 상기 파이프(42) 내를 흐르게 되는 매체의 온도를 적당하게 조절하여 제 1 슬리브(21) 내의 슬러리의 온도를 조절할 수 있도록 한다. 이러한 제 1 온도 조절장치(41)는 이 밖에도 전열 히터 등이 사용될 수 있다.

<75> 그리고, 제 2 슬리브(22)에도 도 3에서 볼 수 있듯이, 별도의 제 2 온도 조절장치(44)가 더 구비될 수 있다. 상기 제 2 온도 조절장치(44)는 제 2 슬리브(22)의 외측으로 냉각수 파이프(45)가 내장된 워터 자켓(46)이 설치되어 냉각장치를 형성하고, 그 외측으로 전열 코일(47)이 설치되어 가열장치를 형성할 수 있다. 이 때, 상기 냉각수 파이프는 제 2 슬리브의 내부에 매설되도록 설치될 수 있고, 이러한 냉각수 파이프 외에 제 2 슬리브에 수용된 용융 금속(M)을 냉각시킬 수 있는 것이면 어떠한 냉각장치라도 가능하며, 상기 가열장치 또한 전열 코일 외에 어떠한 가열기구도 사용될 수 있다. 이러한 제 2 온도 조절 장치(44)는 제 2 슬리브(22) 내의 용융금속 또는 슬러리의 온도를 조절하도록 할 수 있는 어떠한 구조이든 적용될 수 있음은 물론이다. 이러한 제 2 온도조절장치(44)에 의해 상기 제 2 슬리브(22) 내에 수용된 용융 금속은 적정한 속도로 냉각될 수 있다.

<76> 상기와 같은 제 2 온도조절장치(44)는 도 3에서 볼 수 있는 바와 같이, 제 2 슬리브(22)의 전체에 걸쳐 설치될 수도 있지만, 용융 금속(M)이 수용되는 영역의 주위에만 집중적으로 설치될 수 있음은 물론이다.

<77> 이러한 제 2 온도조절장치(44)에 의해 제 2 슬리브(22) 내에 수용된 용융금속(M)은 0.1 내지 0.7의 고상율에 이를 때까지 냉각될 수 있다. 또한, 냉각 속도도 조절하여 0.2 내지 5.0℃/s의 속도로 냉각하며, 바람직하게는 0.2 내지 2.0℃/s의 속도로 냉각할 수 있다. 이 때, 이러한 냉각은 전술한 바와 같이, 전자기장의 교반이 종료된 후에 행할 수도 있고, 전자기장 교반과는 무관하게, 즉, 전자기장의 인가가 지속되고 있는 동안에도 행할 수 있다. 또한, 용융 금속의 주탕단계에서부터 행할 수도 있다. 그러나, 이러한 냉각은 반드시 상기와 같은 제 2 온도 조절장치(44)에 의해서만 가능한 것은 아니다. 즉, 본 발명에 있어서는 제 2 슬리브(22) 내에 수용된 용융금속을 이러한 온도 조절장치(44) 없이 자연 냉각시켜 상기와 같은 고상율의 슬러리를 제조토록 할 수도 있음은 물론이다.

<78> 한편, 상기 제 2 슬리브(22)에 삽입되는 플런저(3)는 제어부에 의해 제어되는 별도의 실린더장치(미도시)에 연결되어 제 1 슬리브(21) 및 제 2 슬리브(22) 내를 피스톤 왕복운동을 할 수 있다. 상기 플런저(3)는 전자기장이 인가되고 냉각이 진행되는 동안, 즉, 슬러리를 제조하는 동안에 상기 제 2 슬리브(22)가 소정의 용기 형상이 되도록 하고, 슬러리 제조가 종료되고 제 2 슬리브(22)가 제 1 슬리브(21)와 결합된 후에는 상기 슬러리를 슬러리 토출구(23)의 방향으로 가압하도록 구동된다.

<79> 상기 압출부(6)는 슬러리 토출구(23)의 외측에 위치한 것으로, 플런저(3)의 가압에 의해 압출되어 토출된 슬러리를 복수개의 분무형 냉각장치(62)와, 토출된 슬러리를 이송시키는 이송 롤러(61)를 구비할 수 있다. 이에 따라, 압출된 선재 또는 판재 등을 급랭시킬 수 있다.

<80> 다음으로, 도 2 내지 도 6을 참조로 상기와 같이 구성된 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 반응고 성형장치의 작용을 설명한다.



<81> 먼저, 도 2에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)가 제 1 슬리브(21)에 대해 소정 각도, 바람직하게는 90도로 꺾어진 상태에서 제 2 슬리브의 하부가 플런저(3)에 의해 폐쇄되도록 해, 제 2 슬리브(22) 전체가 용융 금속을 수용할 수 있는 용기의 형상이 되도록 한다. 그리고, 교반부(1)에서 전자기장 인가용 코일장치(11) 의해 제 2 슬리브(22)에 소정 주파수 및 강도로 전자기장이 인가되도록 한다. 본 발명의 바람직한 일 실시예에 의하면 상기 전자기장 인가용 코일장치(11)는 250V, 60Hz, 500Gauss로 전자기장을 인가할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니고, 반응고 성형용 전자기장 교반에 사용되는 어떠한 정도의 전자기장이라도 적용 가능하다.

<82> 이 상태에서 별도의 로에서 용융된 용융 금속(M)을 레이들과 같은 주입 용기(5)에 의해 이송하여 전자기장의 영향 하에 있는 제 2 슬리브(22) 내로 주탕한다. 이 때, 로와 슬리브를 직접 연결하여 용융된 액상의 용융 금속이 곧바로 슬리브 내로 주탕되도록 할 수도 있다. 또한, 이 때의 상기 용융 금속은 전술한 바와 같이, 액상선 온도+ 100℃ 정도의 온도가 되어도 무방하다. 이 때, 용융 금속(M)이 주탕되는 제 2 슬리브(22)에는 별도의 가스 공급관(미도시)을 연결하여 용융 금속의 산화를 막기 위해 N<sub>2</sub>, Ar 등의 불활성 가스를 주입할 수 있다.

<83> 이처럼, 완전히 용융되어 액상인 용융 금속을 전자기 교반이 진행되고 있는 제 2 슬리브(22)에 주탕하면, 제 2 슬리브(22) 전체에 걸쳐 미세한 재결정 입자들이 분포하게 되고, 이 재결정 입자들은 빠르게 성장하여 수지상 구조의 생성이 일어나지 않게 된다.

<84> 상기 전자기장의 인가는 이 밖에도 용융 금속의 주탕과 동시에 가해지거나, 용융 금속이 주탕되는 도중에 가해질 수도 있음은 전술한 바와 같다.

<85> 또한, 상기 전자기장의 인가는 전술한 바와 같이, 슬러리를 가압할 때까지 행할 수 있으나, 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.7 정도 될 때까지 지속하고, 바람직하게는 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.4 정도 될 때까지 지속하며, 더욱 바람직하게는 적어도 그 고상율이 0.001 내지 0.1 정도 될 때까지 지속한다. 이러한 시간은 미리 실험에 의해 알아낼 수 있으며, 이렇게 해서 정해진 시간 동안 전자기장을 인가하는 것이다.

<86> 전자기장의 인가가 종료된 후 또는 전자기장의 인가가 지속되고 있는 동안에 상기 제 2 슬리브(22)의 용융 금속이 0.1 내지 0.7의 고상율에 이를 때까지 소정의 속도로 냉각시키는 냉각단계를 거쳐 반응고 금속 슬러리를 제조한다. 이 때, 상기 냉각 속도는 전술한 바와 같이, 제 2 슬리브(22)외측에 설치된 제 2 온도 조절장치(44)에 의해 조절되어 0.2°C/sec 내지 5°C/sec의 속도가 될 수 있으며, 더 바람직하게는 0.2°C/sec 내지 2°C/sec의 속도가 될 수 있다. 고상율이 0.1 내지 0.7에 이르는 시간(t2)는 미리 실험을 통해 알 수 있다.

<87> 이렇게 반응고 금속 슬러리를 제조한 후에는 도 4에서 볼 수 있듯이, 제 1 슬리브(21)를 고정시킨 상태에서 제 2 슬리브(22)를 회동시켜 제 1 슬리브(21)에 결합시킨다.

<88> 그리고, 플런저(3)를 상기 슬러리 토출구(23)의 방향으로 가압하여, 제 2 슬리브(22) 내의 슬러리를 제 1 슬리브(21) 내로 압축시킴으로써, 슬러리 토출구(23)를 통해 슬러리(S)가 압출부(6)로 배출되도록 한다. 이 때, 제 1 슬리브(21) 외측의 제 1 온도조절장치(41)에 의해 압축이 진행되고 있는 슬러리의 온도를 보전하도록 한다.

<89> 이렇게 슬러리 토출구(23)로부터 토출되는 슬러리는 곧바로 압출부(6)의 냉각장치(62)에 의해 급랭되면서 이송 롤러(61)에 의해 이송된 후, 도 5에서 볼 수 있듯이, 슬러리 토출구(23)의 상측에 위치한 커터(63)에 의해 절단된다.

<90> 절단된 압출재(E)는 이송 롤러(61)에 의해 이송되고, 제 1 슬리브(21) 내에 잔재하는 비스킷(biscuit: B)은 도 6에서 볼 수 있듯이, 플런저(3)를 원래의 자리로 다시 복귀시키고, 제 2 슬리브(22)를 소정의 각도로 회동시켜 제 1 슬리브(21)의 타측 단부가 개방되도록 한 후, 별도의 취출봉에 의해 외부로 취출한다.

<91> 이렇게 비스킷(B)을 취출한 후에는 도 2에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)에 다시 용융 금속을 수용할 수 있도록 한 후, 전술한 과정을 반복하여 수행한다. 이러한 반복 과정에 따라 조직이 미세하고 균일한 압출재를 얻을 수 있다.

<92> 이처럼 본 발명은 슬러리 상태에서 압출을 진행하기 때문에 고품질의 압출재를 저압의 가압력에 의해 얻을 수 있고, 이에 따라 전력 손실을 막고 작업 시간을 단축할 수 있다.

<93> 한편, 상기와 같은 반응고 성형장치는 도 7에서 볼 수 있는 바와 같이, 프레스 성형부(7)를 갖는 프레스 성형장치로서 사용될 수 있다. 즉, 이러한 본 발명의 바람직한 다른 일 실시예에 따른 반응고 성형장치는 슬러리 토출구(23)의 외측으로 가압 금형들(71)(72)을 구비한 프레스 성형부(7)를 갖는다. 이 프레스 성형부(7)에 의해 슬러리 토출구(23)로부터 가압 토출된 슬러리는 가압 금형(71)(72)에 대응되는 소정의 형상으로 성형될 수 있다.

<94> 이러한 본 발명의 바람직한 다른 일 실시예에 따른 반응고 성형장치는 먼저, 도 7에서 볼 수 있는 바와 같이, 제 2 슬리브(22)에 용융 금속(M)을 주탕하여 슬러리를 만든 후, 도 8에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)를 제 1 슬리브(21)에 결합시키고 플런저(3)를 이용해 슬러리를 슬러리 토출구(23)의 방향으로 가압한다. 이 때, 제 1 슬리브(21) 외측의 제 1 온도조절장치(41)에 의해 슬러리의 보온이 되도록 할 수 있다.

- <95> 슬러리 토출구(23)를 통해 토출된 슬러리(S)는 도 9 및 도 10에서 볼 수 있듯이, 프레스 성형부(7)의 가압 금형들(71)(72)에 의해 가압되어 소정의 형상으로 성형되고, 슬러리 토출구(23)의 상측에 위치한 커터(73)에 의해 절단된다.
- <96> 제 1 슬리브(21) 내에 잔재하는 비스킷(biscuit: B)은 도 11에서 볼 수 있듯이, 플런저(3)를 원래의 자리로 다시 복귀시키고, 제 2 슬리브(22)를 소정의 각도로 회동시켜 제 1 슬리브(21)의 타측 단부가 개방되도록 한 후, 별도의 취출봉에 의해 외부로 취출한다.
- <97> 이렇게 비스킷(B)을 취출한 후에는 도 7에서 볼 수 있듯이, 제 2 슬리브(22)에 다시 용융 금속을 수용할 수 있도록 한 후, 전술한 과정을 반복하여 수행한다. 이러한 반복 과정에 따라 조직이 미세하고 균일한 성형품을 얻을 수 있다.
- <98> 이러한 본 발명에 있어서도, 슬러리 상태에서 프레스 성형이 진행되기 때문에 고품질의 성형품을 저압의 가압력에 의해 얻을 수 있고, 이에 따라 전력 손실을 막고 작업 시간을 단축할 수 있다.
- <99> 이상 설명한 바와 같은 본 발명의 반응고 성형장치는 다양한 금속/합금, 예를 들면, 알루미늄이나 그 합금, 마그네슘이나 그 합금, 아연 또는 그 합금, 구리 또는 그 합금, 또는 철 또는 그 합금 등의 반응고 성형법에 범용적으로 적용될 수 있음은 물론이다.

#### 【발명의 효과】

- <100> 상기한 바와 같이, 본 발명에 의하면 다음과 같은 효과를 얻을 수 있다.
- <101> 첫째, 전체적으로 균일, 미세한 구상의 조직을 갖는 성형품을 얻을 수 있다.

- <102> 둘째, 액상선보다 높은 온도에서의 단시간의 교반만으로도 슬리브 벽면에서의 핵생성 밀도를 현저히 증가시켜 입자의 구상화를 실현할 수 있다.
- <103> 셋째, 제조된 성형품의 기계적 성질의 향상을 실현할 수 있다.
- <104> 넷째, 전자기장 교반 시간을 크게 단축시킬 수 있으므로 교반에 필요한 에너지의 소모가 적다.
- <105> 다섯째, 전체 공정을 단순화하고, 제품성형시간도 아울러 단축되어 생산성을 향상시킬 수 있다.
- <106> 여섯째, 슬러리 상태에서 성형하므로, 저압에 의해 성형이 가능하다.
- <107> 일곱째, 저압 성형에 의해 장치 부품의 내구성이 높아지고, 에너지 손실을 막을 수 있으며, 제조 시간을 단축시킬 수 있다.
- <108> 본 명세서에서는 본 발명을 한정된 실시예를 중심으로 설명하였으나, 본 발명의 사상적 범위내에서 다양한 실시예가 가능하다. 또한 설명되지는 않았으나, 균등한 수단도 또한 본 발명에 그대로 결합되는 것이라 할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 보호범위는 하기 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

일측 단부에 슬러리 토출구가 구비된 제1슬리브;

일단이 상기 제1슬리브에 소정각도로 회동 가능하게 결합되고, 용융 금속이 주입되는 제2슬리브;

적어도 상기 제2슬리브의 용융 금속이 수용되는 영역에 전자기장을 인가하는 교반부;

상기 제2슬리브에 타측 단부에 삽입되는 것으로, 상기 제2슬리브 내에 상기 용융 금속이 수용되도록 상기 제2슬리브의 타측 단부를 폐쇄하고, 제조된 슬러리를 가압하는 플런저; 및

상기 제 1 슬리브의 슬러리 토출구측에 연결된 것으로, 토출된 슬러리를 이용하여 소정의 성형품을 형성하는 성형부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 2】**

제1항에 있어서,

상기 성형부는 이송 롤러 및 냉각 장치가 구비된 압출부인 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 3】**

제1항에 있어서,

상기 성형부는 가압 금형으로 구비된 프레스 성형부인 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 4】**

제1항에 있어서,

상기 제 1 슬리브에는 상기 슬러리 토출구측으로 가압되는 슬러리의 온도를 조절하는 제 1 온도조절장치가 부가되어 있는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 5】**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 교반부는 상기 제 2 슬리브에 용융금속이 주입되기 이전에 전자기장을 인가하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 6】**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 교반부는 상기 제 2 슬리브에 용융금속이 주입됨과 동시에 전자기장을 인가하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 7】**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 교반부는 상기 제 2 슬리브에 용융금속이 주입되는 도중에 전자기장을 인가하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 8】**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 교반부는 전자기장의 인가를 적어도 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.7에 이를 때까지 지속하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 9】**

제8항에 있어서,

상기 교반부는 전자기장의 인가를 적어도 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.4에 이를 때까지 지속하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 10】**

제9항에 있어서,

상기 교반부는 전자기장의 인가를 적어도 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속의 고상율이 0.001 내지 0.1에 이를 때까지 지속하는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 11】**

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 슬리브 내의 용융금속을 0.1 내지 0.7의 고상율에 이를 때까지 냉각시키는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 12】**

제11항에 있어서,

상기 제 2 슬리브에는 제 2 온도 조절장치가 더 부가되고, 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속의 냉각은 상기 제 2 온도 조절장치에 의해 이루어지는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

**【청구항 13】**

제12항에 있어서,



상기 제 2 온도 조절 장치는 상기 제 2 슬리브에 설치된 냉각 장치 및 상기 제 2 슬리브에 설치된 가열 장치 중 적어도 어느 하나로 구비된 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

【청구항 14】

제12항에 있어서,

상기 제 2 온도 조절 장치는 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속을  $0.2^{\circ}\text{C/s}$  내지  $5.0^{\circ}\text{C/s}$ 의 속도로 냉각시키는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

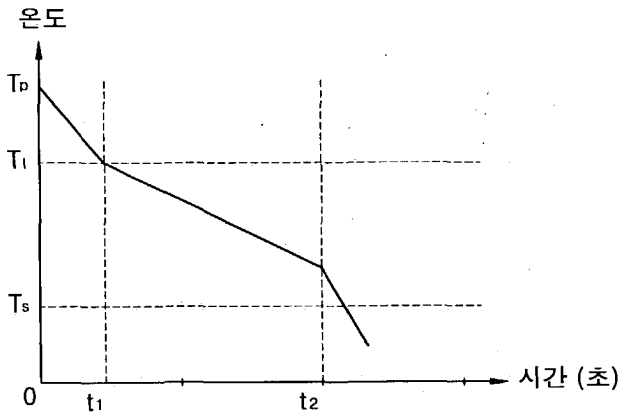
【청구항 15】

제14항에 있어서,

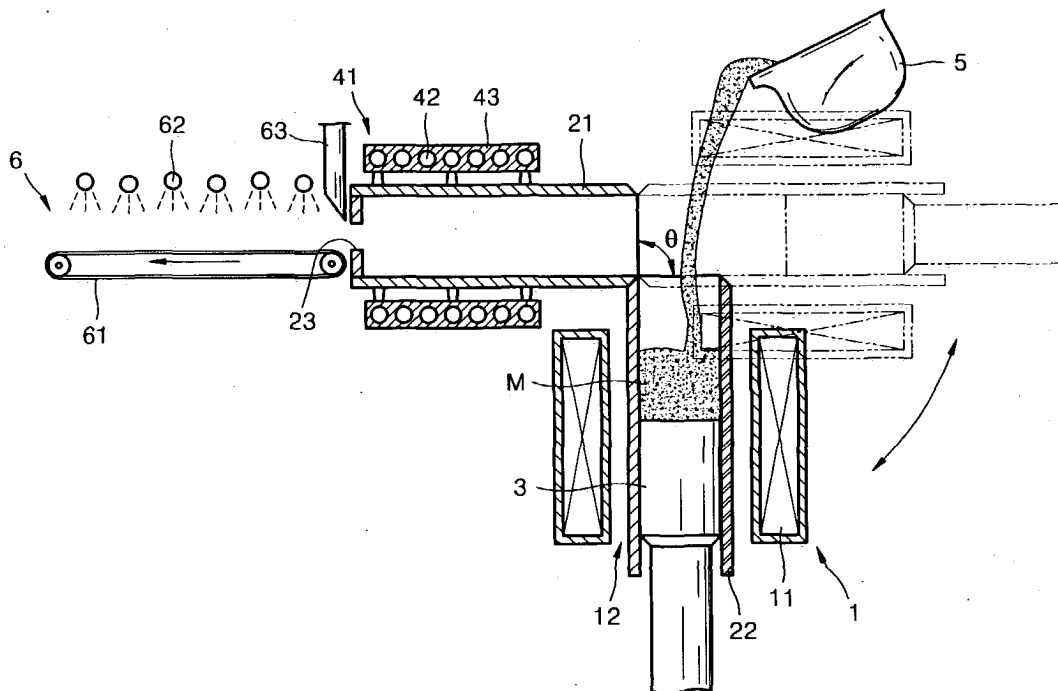
상기 제 2 온도 조절 장치는 상기 제 2 슬리브 내의 용융금속을  $0.2^{\circ}\text{C/s}$  내지  $2.0^{\circ}\text{C/s}$ 의 속도로 냉각시키는 것을 특징으로 하는 반응고 성형장치.

## 【도면】

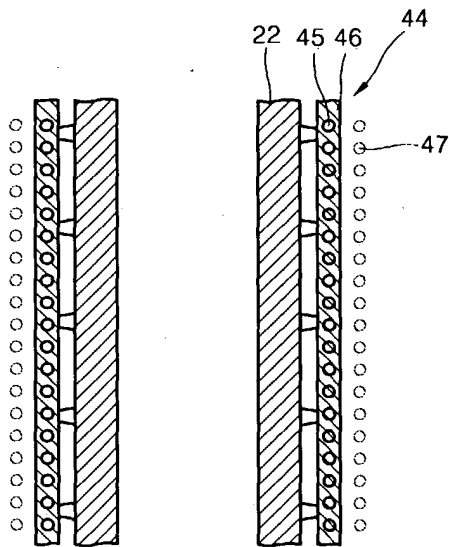
【도 1】



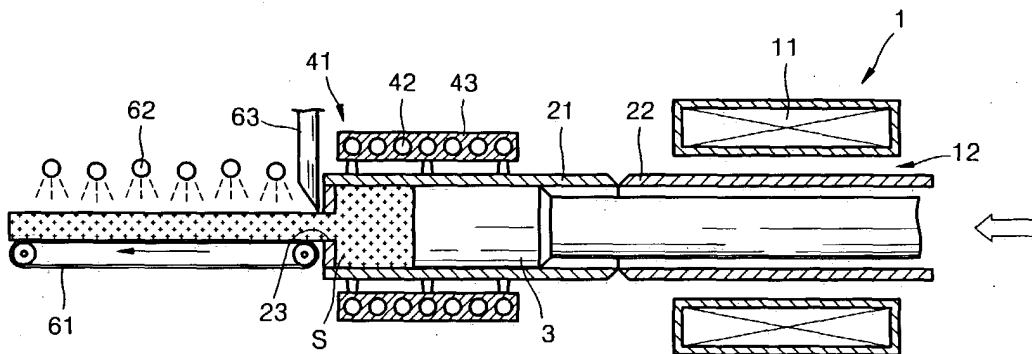
【도 2】



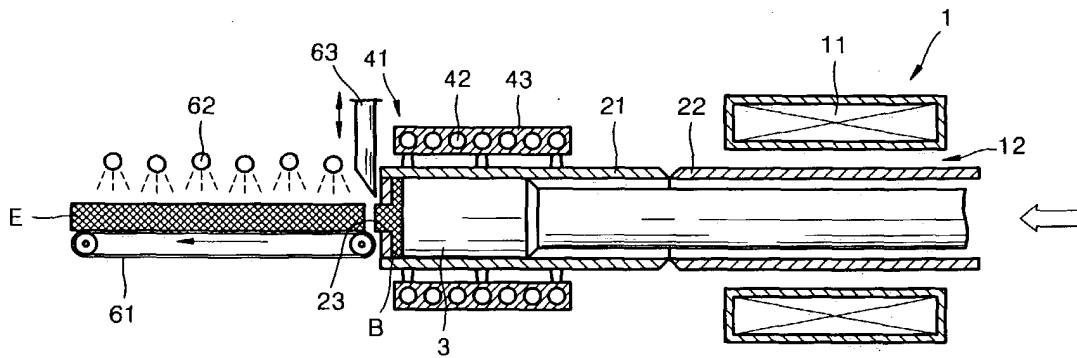
【도 3】



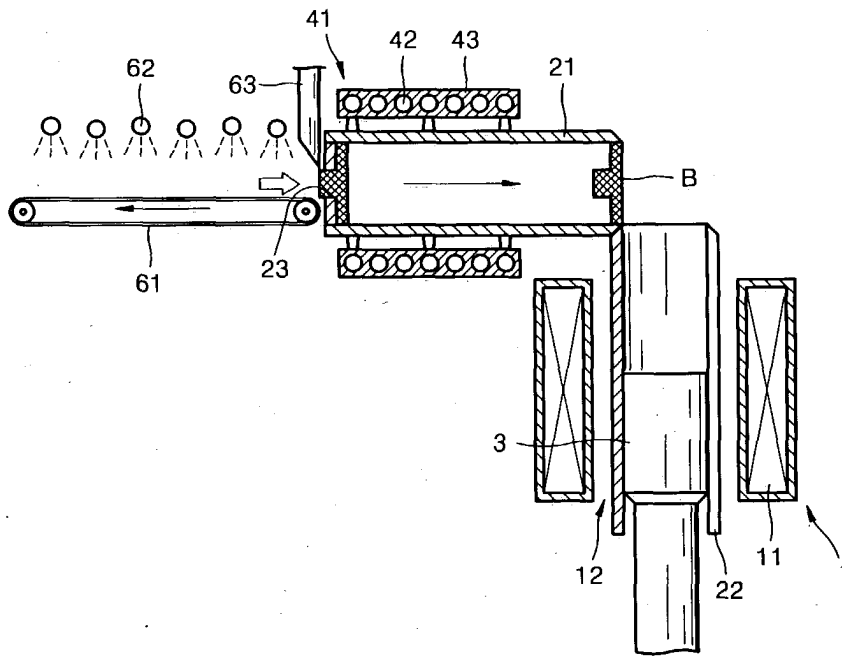
【도 4】



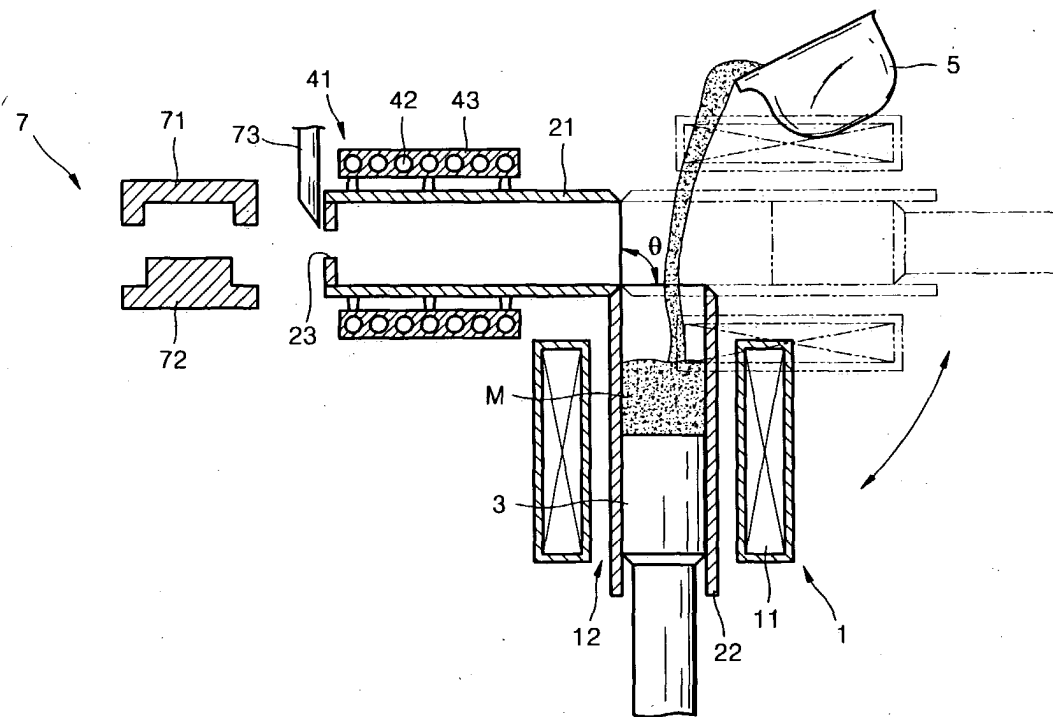
【도 5】



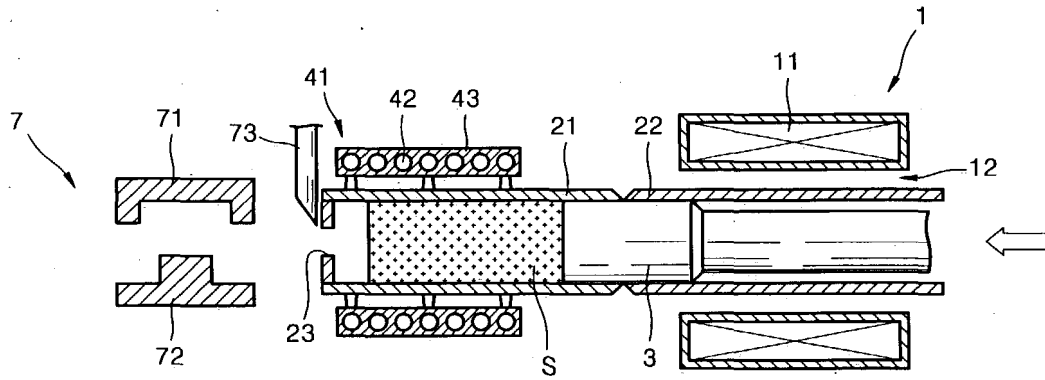
【도 6】



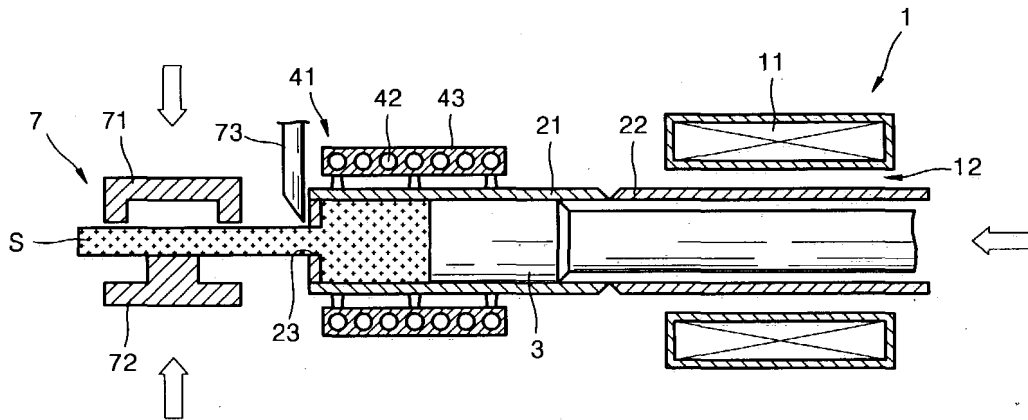
【도 7】



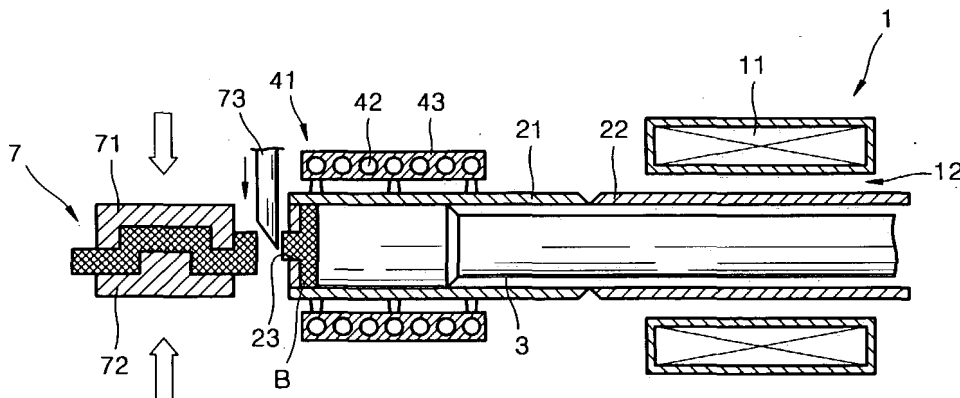
【도 8】



【도 9】



【도 10】



【도 11】

